

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation 7 : H01L 41/083, 41/053, F02M 59/46, 51/06	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/36657 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 22. Juni 2000 (22.06.00)
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03873 (22) Internationales Anmeldedatum: 3. Dezember 1999 (03.12.99) (30) Prioritätsdaten: 198 57 247.6 11. Dezember 1998 (11.12.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE). SUGG, Bertram [DE/DE]; Friedrich-Schaffert-Strasse 8, D-70839 Gerlingen (DE). </div> <div style="width: 50%; vertical-align: top;"> (81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i> </div> </div>		

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

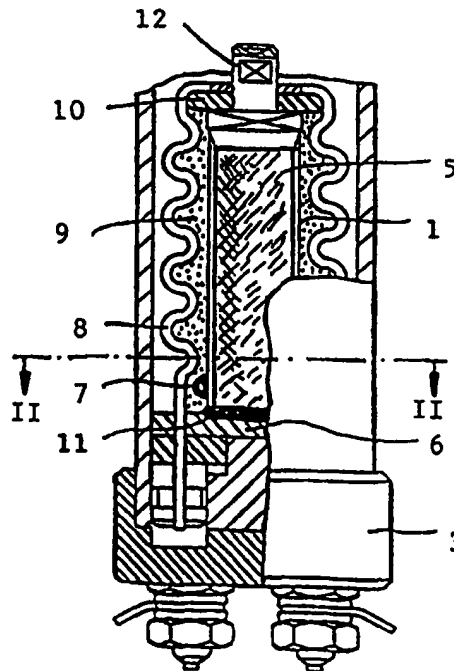
(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER AKTOR

(57) Abstract

The invention relates to a piezoelectric actuator (1), especially for actuating control valves or injection valves of internal combustion engines in motor vehicles. Said actuator comprises a piezoelectric actuator body (1), especially in the form of a multi-layered laminate consisting of tiered layers of piezoelectric material and metallic or electro-conductive layers which are arranged therebetween and which serve as electrodes. One of the front surfaces of the actuator body (1) is fixed to an actuator base (6) having good thermal conductivity or being metallic. The piezoelectric actuator is characterised in that at least one heat sink (5; 5.1, 5.2) with good thermal conductivity is connected to the lateral surfaces of the actuator body (1) and to the actuator base (6) in such a way that heat is conducted well.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor (1), insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen an Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper (1), insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, wobei eine der Stirnseiten des Aktorkörpers (1) an einem gut wärmeleitenden oder metallischen Aktorfuss (6) festgelegt ist, wobei der piezoelektrische Aktor dadurch gekennzeichnet ist, dass wenigstens ein gut wärmeleitfähiger Kühlkörper (5; 5.1, 5.2) gut wärmeleitend mit den Seitenflächen des Aktorkörpers (1) und mit dem Aktorfuss (6) verbunden ist.



BEST AVAILABLE COPY

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

BEST AVAILABLE COPY

- 1 -

5

PIEZOELEKTRISCHER AKTOR

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem piezoelektrischen Aktor insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen an Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen, mit einem piezoelektrischen Aktorkörper insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, wobei eine der Stirnseiten des Aktorkörpers an einem gut wärmeleitenden oder metallischen Aktorfuß festgelegt ist.

25

Ein derartiger piezoelektrischer Aktor ist zum Beispiel bekannt aus der DE 196 50 900 A1 der Robert Bosch GmbH.

30

Wie allgemein bekannt, können piezoelektrische Aktoren zum Beispiel für Einspritzventile eines Kraftfahrzeugmotors sowie in Bremssystemen mit Antiblockiersystem und Antischlupfregelungen eingesetzt werden.

35

Derartige mit piezoelektrischen Aktoren ausgestattete Einspritzventile besitzen eine durch ein stößelartiges Verschlussorgan gesteuerte Einspritzdüse. Am Stößel ist eine düsenseitige Wirkfläche angeordnet, die vom Druck des

der Düse zugeführten Kraftstoffs beaufschlagt wird, wobei die Druckkräfte den Stößel in Öffnungsrichtung des Verschlussorganes zu drängen suchen. Der Stößel ragt mit einem plungerartigen Ende, dessen Querschnitt größer ist als die vorgenannte Wirkfläche, in eine Steuerkammer hinein. Der dort wirksame Druck sucht den Stößel in Schließrichtung des Verschlussorganes zu bewegen. Die Steuerkammer ist über eine Eingangsdrössel mit der unter hohem Druck stehenden Kraftstoffzufuhr und über ein in der Regel gedrosseltes bzw. mit einer Ausgangsdrössel kombiniertes Auslassventil mit einer nur geringen druckaufweisenden Kraftstoffrückführleitung verbunden. Bei geschlossenem Auslassventil steht in der Steuerkammer ein hoher Druck an, durch den der Stößel gegen den Druck an seiner düsenseitigen Wirkfläche in Schließrichtung des Verschlussorganes bewegt bzw. in Verschlussstellung gehalten wird. Beim Öffnen des Auslassventiles fällt der Druck in der Steuerkammer ab, wobei das Maß des Druckabfalles durch die Bemessung der Eingangsdrössel und des Drösselwiderstandes des geöffneten Ausgangsventiles bzw. der damit kombinierten Ausgangsdrössel bestimmt wird. Im Ergebnis vermindert sich der Druck in der Steuerkammer bei geöffnetem Auslassventil derart, dass der Stößel aufgrund der an seiner düsenseitigen Wirkfläche wirksamen Druckkräfte in Öffnungsrichtung des Verschlussorgans bewegt bzw. in Offenstellung gehalten wird.

Im Vergleich mit elektromagnetisch betätigten Einspritzventilen können piezoelektrische Aktoren schneller schalten. Allerdings muss beim Aufbau eines piezoelektrischen Aktors beachtet werden, dass durch innere Verluste im piezoelektrischen Körper des Aktors Verlustwärme entsteht, die abgeführt werden muss, damit sich der Aktor nicht überhitzt. Da die Keramikmaterialien der Piezokeramik eine schlechte Wärmeleitfähigkeit haben, ist bei langen Aktoren, deren Länge größer ist als ihre

Breite, die Ableitung innerhalb des im wesentlichen aus Keramikmaterial bestehenden Aktorkörpers ungünstig.

Aufgaben und Vorteile der Erfindung

5

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, einen gattungsgemäßen piezoelektrischen Aktor, insbesondere langen Aktor, so zu ermöglichen, dass eine Kühlung im Betrieb desselben ohne flüssige Medien möglich ist, dass eine einfache Montage des piezoelektrischen Aktors möglich, keine flüssigen Kühlmittel und keine besonderen Dichtungen notwendig sind.

10

Ein erfindungsgemäßer piezoelektrischer Aktor vermeidet somit eine durch die Verlustleistung desselben bedingte Überhitzung, kommt ohne flüssige Kühlmedien und ohne die dafür notwendigen Abdichtungen und Kühlmittelwege aus, wodurch eine Leckage solcher Kühlmittel nicht möglich ist und die Montage des piezoelektrischen Aktors vereinfacht und dieser dadurch kostengünstig hergestellt werden kann.

20

Die Erfindung liegt darin, dass wenigstens ein gut wärmeleitfähiger Kühlkörper gut wärmeleitend mit den Seitenflächen des Aktorkörpers und mit dem Aktorfuß verbunden ist.

25

Bei der Erfindung lässt sich in vorteilhafter Weise ausnützen, dass die elektrischen Zuleitungen zu den metallischen bzw. elektrisch leitenden Elektroden des als vielschichtiges Laminat ausgeführten Aktorkörpers zu diesem nur an zwei Seiten desselben geführt sind, so dass die zwei anderen gegenüberliegenden Seitenflächen des Aktorkörpers frei bleiben und gut wärmeleitend mit dem genannten Kühlkörper oder den Kühlkörpern verbunden werden können.

30

Bevorzugt besteht oder bestehen der oder die Kühlkörper aus Metall, insbesondere bevorzugt aus Kupfer.

35

Dabei können entweder zwei separate Kühlkörper oder ein einziger U-förmiger Kühlkörper, der so gestaltet ist, dass er am Bodenabschnitt seiner U-Form mit der zum Aktorfuß weisenden Stirnseite des Aktorkörpers verbunden ist, mit
5 den beiden gegenüberliegenden Seitenflächen des Aktorkörpers verbunden sein. Diese Verbindung geschieht bevorzugt durch einen elastischen, wärmeleitfähigen Klebstoff zwischen dem Kühlkörper und den Seitenflächen des Aktorkörpers. Ein solcher wärmeleitfähiger Klebstoff
10 besteht zum Beispiel aus einem Silikon-Elastomer, das gegebenenfalls mit einem elektrisch isolierenden, wärmeleitfähigen Füllstoff, zum Beispiel mit AlN oder Al₂O₃, gefüllt ist.

15 Damit die beim Anlegen der elektrischen Spannung verursachte Dehnung oder Schrumpfung des Aktorkörpers ohne Reißen des elastischen wärmeleitfähigen Klebstoffs ausführbar ist, können die an die Seitenflächen des Aktorkörpers angrenzenden Abschnitte des oder der
20 Kühlkörper wellenförmig sein, das heißt die Form eines metallischen Wellenbandes haben.

Um die gute Wärmeleitfähigkeit des oder der Kühlkörper auszunutzen und die von ihnen geleitete Wärme auch
25 abzuführen, ist der oder die Kühlkörper mit dem Aktorfuß verlötet oder verschweißt oder alternativ mit demselben durch einen Silberleitkleber wärmeleitend verbunden. Dadurch wird die vom piezoelektrischen Aktor erzeugte Verlustwärme vom Kühlkörper zum gut wärmeleitfähigen
30 Aktorfuß sicher abgeleitet.

Wenn ein Aktorkörper verwendet wird, dessen beide Stirnseiten durch je eine Bandfeder vorgespannt sind, die entlang den von den Kühlkörpern nicht bedeckten
35 Seitenflächen im Abstand vom Aktorkörper liegen, bietet es sich an, auch die Bandfedern zur Wärmeableitung zu nutzen,

da diese auch am Aktorfuß festgelegt sind. Dazu werden die Zwischenräume zwischen dem Aktorkörper und den Bandfedern mit wärmeleitfähigem Elastomer ausgefüllt, gegebenenfalls unter Zusatz eines wärmeleitenden Füllstoffes. Außerdem
5 können auch die elektrischen Anschlüsse der Elektroden des piezoelektrischen Aktorkörpers zusätzlich zur Wärmeableitung herangezogen werden, falls diese elektrischen Anschlussleitungen einen ausreichend großen Leitungsquerschnitt haben.

10 Es ist zu bemerken, dass die oben erwähnten Formen des oder der Kühlkörper lediglich beispielhaft sind und dass andere zweckmässige Formen, beispielsweise bei Aktorkörpern mit rundem Querschnitt verwendet werden können.

15 Nachstehend werden verschiedenen Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäß gestalteten piezoelektrischen Aktors anhand der Zeichnung näher erläutert.

20 Zeichnung

Figur 1 zeigt schematisch und in Form eines Teilschnittes ein erstes Ausführungsbeispiel eines piezoelektrischen Aktors;

25 Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch die in Figur 1 gezeigte Ausführungsform des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors längs der Schnittebene II - II, und

30 Figur 3.1-3.5 zeigt verschiedene weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäß vorgesehenen Kühlkörpers.

35 Ausführungsbeispiele

Bei dem in Figur 1 als Teilschnitt in Längsrichtung
dargestellten ersten Ausführungsbeispiel eines
erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors ist ein
Aktorkörper 1, der die Form eines vielschichtigen Laminats
5 aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen
Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw.
elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten
haben kann, zwischen einem oberen Ringflansch 10 und einem
Aktorfuß 6 durch zwei gewellte Federbänder 8 eingespannt.
10 Der Aktorkörper 1 mit den gewellten Federbändern 8 sitzt in
einem metallischen Gehäuse 3, an dessen Unterseite Klemmen
sitzen zur Verbindung mit Elektrodenzuleitungen 7.

Wenn der Aktorkörper 1 mit einer pulsierenden elektrischen
15 Spannung an seinen Elektroden beaufschlagt wird, führt er
analog pulsierende Hübe unter Änderung des Abstandes
zwischen seinen zwischen dem Ringflansch 10 und dem
Aktorfuß 6 durch die Federbänder 8 eingespannten
Stirnseiten aus.

20 Die im Betrieb des Aktors entstehende Wärme kann nur in
geringem Maße nach oben durch den Ringflansch 10 und den
Fortsatz 12 der darunterstehenden Stoßelplatte abgeführt
werden. Außerdem ist wegen der schlechten
25 Wärmeleitfähigkeit der für den Aktorkörper 1 verwendeten
Keramik bei Aktoren, wie in Figur 1 gezeigt, deren Länge
größer als ihre Breite ist, die Ableitung der Wärme
innerhalb der Keramik des Aktorkörpers 1 ungünstig.

30 Aus diesem Grund ist ein metallischer oder bevorzugt aus
Kupfer bestehender Kühlkörper 5 gut wärmeleitend mit den
Seitenflächen des Aktorkörpers 1 und mit dem Aktorfuß 6
verbunden. Diese gut wärmeleitende Verbindung ist bei dem
in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel durch eine Löt-
35 oder Schweißnaht 11 ausgeführt. Es ist zu erwähnen, dass
auf der entgegengesetzten Seite des Aktorkörpers 1, die in

Figur 1 nicht sichtbar ist, ein gleicher Kühlkörper 5 angebracht ist. Bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind außerdem die Zwischenräume zwischen den senkrecht zur Zeichenebene stehenden Seitenflächen des Aktorkörpers 1 und den Federbändern 8 mit einem wärmeleitfähigen Elastomer 9 ausgefüllt, dem ein wärmeleitender Füllstoff zugesetzt ist. Dadurch wird die Wärme zusätzlich durch das Federband 8 zum Aktorfuß 6 abgeleitet, mit dem die Bandfedern 8 wärmeleitend verbunden sind.

Die in Figur 2 dargestellte Querschnittsansicht des in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiels längs der in Figur 1 ersichtlichen Schnittebene II-II zeigt, dass die Kühlkörper 5 mit zwei gegenüberliegenden Seitenflächen des Aktorkörpers 1, der hier einen quadratischen Querschnitt hat, durch einen elastischen wärmeleitfähigen Klebstoff 4 angeklebt sind. Dieser wärmeleitfähige Klebstoff 4 besteht zum Beispiel aus Silikon-Elastomer das mit einem wärmeleitfähigen Füllstoff gefüllt ist. Silikon-Elastomer hat den Vorteil, dass es hochelastisch ist und somit die Hübe des Aktorkörpers 1 elastisch ausgleicht. Die Querschnittsansicht in Figur 2 zeigt auch, dass die Elektrodenzuleitungen 7.1, 7.2 an die Seitenflächen des Aktorkörpers 1 führen, die nicht vom Kühlkörper 5 bedeckt sind.

Die Form und die Art der Befestigung des Kühlkörpers bzw. der Kühlkörper 5 am Aktorsockel 6 so, dass eine gut wärmeleitende Verbindung zwischen Kühlkörper 5 und Aktorsockel 6 entsteht, können variieren, was nachfolgend anhand Figuren 3A-3E erläutert wird.

Gemäß Figur 3A ist ein einstückiger U-förmiger gewinkelter metallischer Kühlkörper 5, bevorzugt aus Kupfer mit dem Boden des U-Profils am Aktorsockel 6 wärmeübertragend

befestigt.

Gemäß Figur 3B sind ein linker Kühlkörper 5.1 und ein rechter Kühlkörper 5.2 durch eine Löt- oder
5 Schweißverbindung 11 wärmeleitend mit dem Aktorfuß 6 verbunden.

Auch in Figur 3C sind ein linker Kühlkörper 5.1 und ein rechter Kühlkörper 5.2 durch eine Löt- oder
10 Schweißverbindung 11 jeweils mit dem Aktorfuß 6 wärmeleitend verbunden, wobei jedoch die unteren Abschnitte der Kühlkörper 5.1, 5.2 nach außen abgewinkelt sind.

Das in Figur 3D gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von den bisher beschriebenen dadurch, dass zwei
15 Kühlkörper 5.1 und 5.2 durch Silberleitkleber 13 mit dem Aktorfuß 6 wärmeleitend verbunden sind.

Bei dem in Figur 3E gezeigten Ausführungsbeispiel sind ein
20 linker Kühlkörper 5.1 und ein rechter Kühlkörper 5.2 in Form eines Wellenbandes ausgeführt und durch eine Löt- oder Schweißverbindung 11 wärmeleitend mit dem Aktorfuß 6 verbunden. Die als Kühlkörper fungierenden elastischen Metallwellenbänder 5.1 und 5.2 bewirken, dass jeder
25 Kühlkörper elastisch den Aktorhüben folgen kann. Dadurch wird die Beanspruchung des Klebemittels 4 gemindert.

Bei allen in Figur 3A-3E gezeigten Ausführungsbeispielen kann ein elastischer wärmeleitfähiger Klebstoff, zum
30 Beispiel Silikon-Elastomer zum Verbinden des oder der Kühlkörper 5 bzw. 5.1, 5.2 mit dem Aktorkörper 1 dienen. Dieser Silikon-Elastomer-Klebstoff kann mit wärmeleitfähigen Füllstoff gefüllt sein.

Wie oben bereits anhand des in Figur 1 gezeigten
35 Ausführungsbeispiel erläutert wurde, können zusätzlich die

Bandfedern 8 zur seitlichen Wärmeabfuhr vom Aktorkörper 1 genutzt werden, indem die Zwischenräume zwischen Aktorkörper 1 und Federband 8 mit wärmeleitfähigem Elastomer aufgefüllt sind.

5

Als weitere zusätzliche Wärmeableitmöglichkeit können auch die Elektrodenleitungen 7 verwendet werden, sofern diese einen ausreichend großen Kabelquerschnitt haben.

10

Zusammenfassend wird mit dem oben erläuterten metallischen Kühlkörper oder den Kühlkörpern die Wärmeabfuhr vom piezoelektrischen Aktor ermöglicht, ohne dass flüssige Kühlmedien notwendig sind. Dadurch ist der Aktor leichter montierbar und es können keine Leckagen vorkommen. Es sind

15

keine besonderen Dichtungen notwendig, und der gesamte piezoelektrische Aktormodul lässt sich dadurch kostengünstig fertigen.

20

Ein erfindungsgemäß gestalteter piezoelektrischer Aktor lässt sich zum Beispiel zur Betätigung der Einspritzventile für eine Common-Rail-Einspritzung in Diesel-PKW oder -NKW verwenden.

5

Ansprüche

- 10 1. Piezoelektrischer Aktor, insbesondere zur Betätigung von
Steuerventilen oder Einspritzventilen an
Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen, mit einem
piezoelektrischen Aktorkörper (1) insbesondere in Form
eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten
15 Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden
metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden
dienenden Schichten, wobei eine der Stirnseiten des
Aktorkörpers (1) an einem gut wärmeleitenden oder
metallischen Aktorfuß (6) festgelegt ist,
20 dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein gut
wärmeleitfähiger Kühlkörper (5; 5.1, 5.2)) gut wärmeleitend
mit den Seitenflächen des Aktorkörpers (1) und mit dem
Aktorfuß (6) verbunden ist.
- 25 2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, dass der oder die Kühlkörper (5; 5.1, 5.2)
aus Metall, bevorzugt Kupfer, besteht bzw. bestehen.
- 30 3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1 oder 2, wobei
der Aktorkörper (1) einen rechteckigen oder quadratischen
Querschnitt hat, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die
Kühlkörper (5; 5.1, 5.2) mit zwei gegenüberliegenden
Seitenflächen des Aktorkörpers verbunden ist bzw. sind.
- 35 4. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis
3, dadurch gekennzeichnet, dass zwei separate Kühlkörper

(5.1 und 5.2) mit zwei gegenüberliegenden Seitenflächen des Aktorkörpers (1) verbunden sind.

5. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein einziger U-förmiger Kühlkörper (5) so gestaltet ist, dass er mit zwei gegenüberliegenden Seitenflächen des Aktorkörpers (1) und mit dessen zum Aktorfuß (6) weisenden Stirnseite verbunden ist.

6. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die an die Seitenflächen des Aktorkörpers (1) angrenzenden Abschnitte des oder der Kühlkörper (5; 5.1, 5.2) die Form eines Wellenbandes haben.

7. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Kühlkörper (5; 5.1, 5.2) mit einem elastischen wärmeleitfähigen Klebstoff (4) an den gegenüberliegenden Seitenflächen des Aktorkörpers (1) angeklebt ist bzw. sind.

8. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der wärmeleitfähige Klebstoff (4) aus einem Silikon-Elastomer besteht.

9. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Silikon Elastomer mit wärmeleitfähigem Füllstoff gefüllt ist.

10. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Kühlkörper (5; 5.1, 5.2) mit dem Aktorfuß (6) verlötet oder verschweißt ist bzw. sind.

11. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis

9, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Kühlkörper (5; 5.1, 5.2) mit dem Aktorfuß (6) durch einen Silberleitkleber verbunden sind.

- 5 12. Piezoelektrischer Aktor, wobei eine die beiden
Stirnseiten des Aktorkörpers (1) vorspannende Bandfeder (8)
vorgesehen ist, die entlang den von dem oder den
Fühlkörper(n) (5; 5.1, 5.2) nicht bedeckten Seitenflächen
im Abstand vom Aktorkörper (1) liegt, dadurch
10 gekennzeichnet, dass die Zwischenräume zwischen diesen
Seitenflächen des Aktorkörpers (1) und der Bandfeder (8)
mit wärmeleitfähigem Elastomer, gegebenenfalls mit
zugesetzten wärmeleitendem Füllstoff ausgefüllt sind.

1/2

FIG. 1

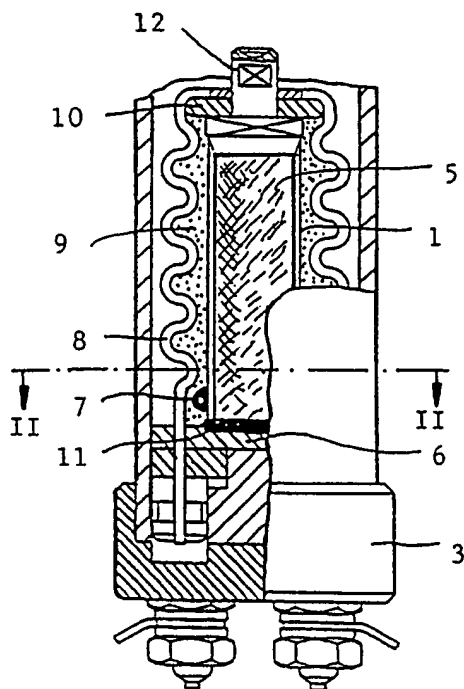
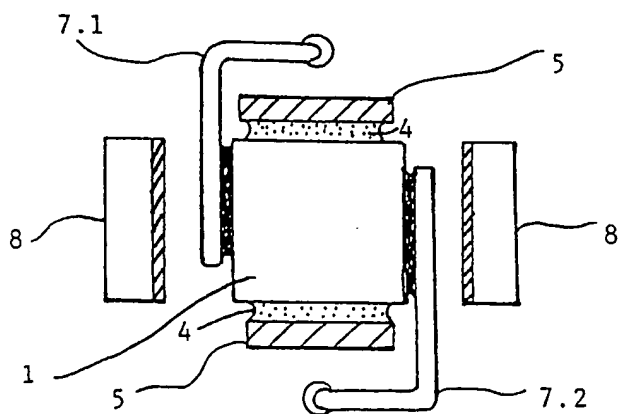


FIG. 2



2/2

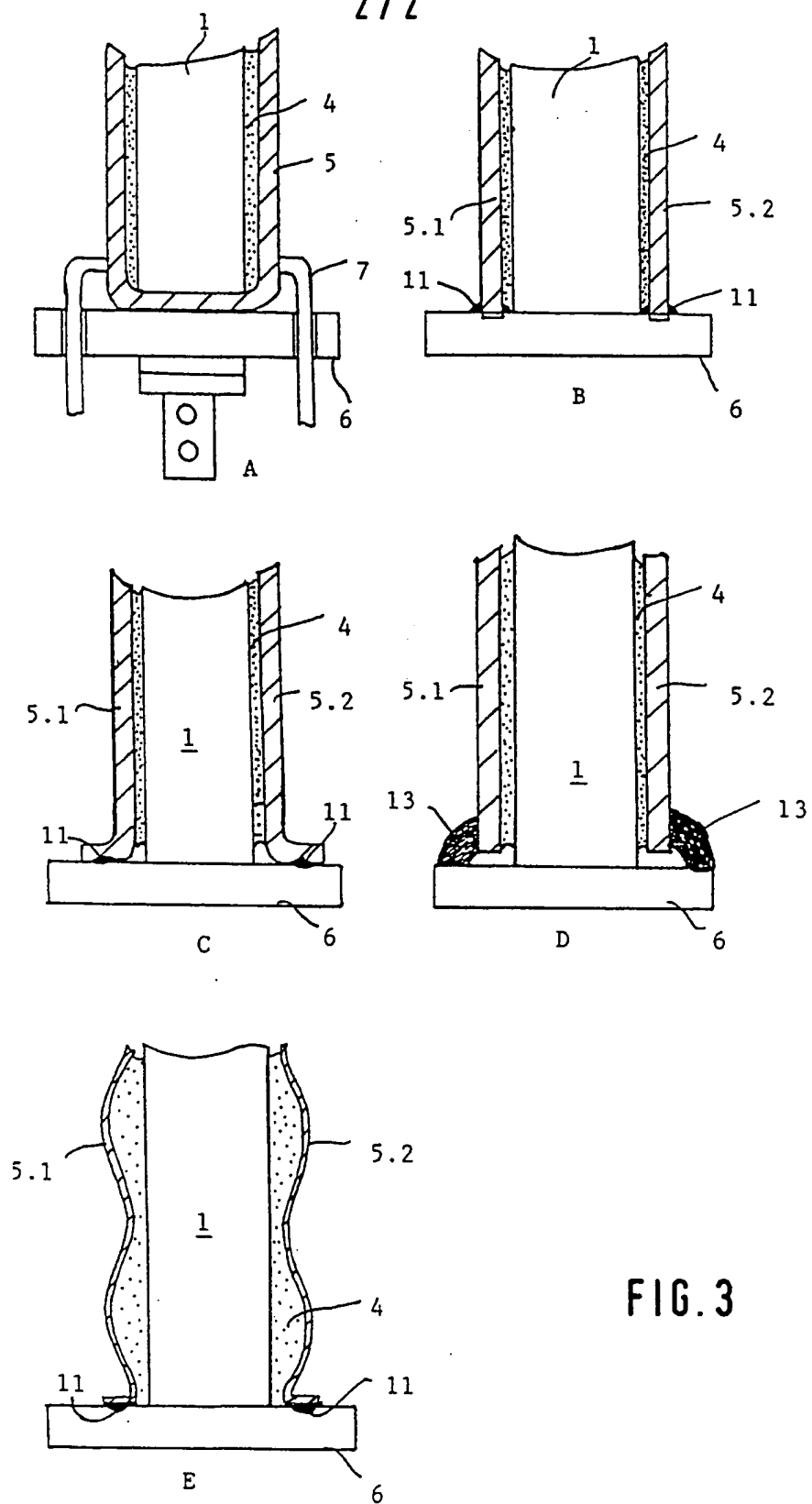


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 99/03873

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L41/083 H01L41/053 F02M59/46 F02M51/06		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L F02M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30 November 1999 (1999-11-30) & JP 11 214760 A (KYOCERA CORP), 6 August 1999 (1999-08-06) abstract ---	1
Y	DE 196 50 900 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10 June 1998 (1998-06-10) cited in the application abstract; figures 1-4 column 3, line 14 - line 58 ---	12
Y	US 5 295 288 A (DAM CHUONG Q ET AL) 22 March 1994 (1994-03-22) abstract; figure 2B column 4, line 31 - line 56 --- -/--	12
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div> </div>		
* Special categories of cited documents : <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search 27 April 2000		Date of mailing of the international search report 08/05/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Visscher, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. ional Application No

PCT/DE 99/03873

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 196 26 671 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 16 October 1997 (1997-10-16) figure 1 column 3, line 22 -column 4, line 23 -----</p>	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/03873

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11214760 A	06-08-1999	NONE	
DE 19650900 A	10-06-1998	CN 1209865 A	03-03-1999
		WO 9825060 A	11-06-1998
		EP 0879373 A	25-11-1998
		HU 9901385 A	30-08-1999
US 5295288 A	22-03-1994	US 5218259 A	08-06-1993
DE 19626671 C	16-10-1997	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. ionalles Aktenzeichen

PCT/DE 99/03873

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01L41/083 H01L41/053 F02M59/46 F02M51/06		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01L F02M		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30. November 1999 (1999-11-30) & JP 11 214760 A (KYOCERA CORP), 6. August 1999 (1999-08-06) Zusammenfassung ---	1
Y	DE 196 50 900 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10. Juni 1998 (1998-06-10) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 58 ---	12
Y	US 5 295 288 A (DAM CHUONG Q ET AL) 22. März 1994 (1994-03-22) Zusammenfassung; Abbildung 2B Spalte 4, Zeile 31 - Zeile 56 --- -/--	12
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie </div> </div>		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 27. April 2000		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 08/05/2000
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Visscher, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int.ionales Aktenzeichen

PCT/DE 99/03873

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 196 26 671 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG)</p> <p>16. Oktober 1997 (1997-10-16)</p> <p>Abbildung 1</p> <p>Spalte 3, Zeile 22 -Spalte 4, Zeile 23</p> <p>-----</p>	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/03873

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 11214760	A	06-08-1999	KEINE		
DE 19650900	A	10-06-1998	CN	1209865 A	03-03-1999
			WO	9825060 A	11-06-1998
			EP	0879373 A	25-11-1998
			HU	9901385 A	30-08-1999
US 5295288	A	22-03-1994	US	5218259 A	08-06-1993
DE 19626671	C	16-10-1997	KEINE		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.